

Modifikasi Sensitifitas Sensor Magneto-Impedansi Pada Multilayer [Ni₈₀Fe₂₀/Cu]_N Hasil Elektro-Deposisi

Modification of Sensor Sensitivity of Magneto-Impedancy on Multilayer [Ni₈₀Fe₂₀/Cu]_N as Result of Electro-Deposition

B. Anggit Wicaksono^{*}, Ahmad Asrori Nahrin, Nuryani, Budi Purnama
Program Studi Ilmu Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

^{*}Email: wicakgitya@gmail.com

ABSTRACT

Multilayer sensor sensitivity [Ni₈₀Fe₂₀/Cu]_N as results of electro-deposition on Cu wire has been modified by several variables; namely (i) the frequency of measurement, (ii) the number of iteration N on the system [Ni₈₀Fe₂₀/Cu]_N, and (iii) the thickness of the spacer layer of Cu. If applied as a magnetic sensor, the measured sensor sensitivity can be calculated using the formula; $\xi = 2 [(\Delta Z/Z)_{\max}] / \Delta H$. The results of the sensitivity calculations show that the increase in the ratio of magneto-impedance directly proportional to the sensitivity of the sensor. To modify the frequency of the sample [Ni₈₀Fe₂₀(800nm)/Cu(300 nm)]₃, the measurement sensitivity increases with increases in frequency. And the highest sensitivity is obtained 8.91% / mT at a frequency of 100 kHz. Similar results were obtained in the variation of the number of iteration N multilayer [Ni₈₀Fe₂₀ (800 nm) / Cu (300 nm)]_N. Sensitivity measurements at a frequency of 100 kHz and the highest number of iteration (N=5) obtained the highest sensitivity, which is 26.63%/mT. Furthermore, the sensitivity of the sensor showed a tendency to decrease with the increase in the thickness of the spacer Cu in multilayer [Ni₈₀Fe₂₀ (800 nm)/Cu (y nm)]₃. Finally, the highest sensitivity was obtained 53.75% / mT for most thin thickness of the spacer Cu (y = 200 nm) which is the highest value in the whole of this experiment

Keywords: sensor sensitivity, Ni₈₀Fe₂₀, frequency measurement, iteration number, spacer Cu

PENDAHULUAN

Magneto-impedansi (MI) adalah perubahan nilai impedansi suatu bahan konduktor magnetik akibat adanya medan magnet. Besar nilai MI dapat diekspresikan dengan persamaan,

$$\frac{\Delta Z}{Z} \left(\frac{0}{0} \right) = \frac{[Z(H) - Z(H)_{\max}]}{Z(H)_{\max}} \times 100 \% \quad (1)$$

dengan $Z(H)$ merupakan impedansi yang terukur ketika diberikan medan magnet luar H , sedangkan $Z(H)_{\max}$ merupakan impedansi yang terukur ketika nilai medan magnet yang diberikan maksimum (Knobel, 2003). Sedangkan sensitifitas sensor magneto-impedansi diungkapkan dengan persamaan,

$$\xi = \frac{2[(\Delta Z/Z)_{\max}]}{\Delta H} \quad (2)$$

dengan ΔH adalah lebar penuh pada setengah maksimum kurva MI (Tuan *et al.* 2009)

Fenomena Magneto-impedansi (MI) ini memiliki sensitifitas sensor yang tinggi. Sensitifitas MI tertinggi yang telah dilaporkan hingga saat ini adalah mencapai orde pico Tesla (Uchiyama, 2012). Hal ini membuka potensi aplikasi sebagai sensor medan magnet, misalnya dari sumber aktifitas organ tubuh pada kajian biomedikal (Devkota *et al.*, 2013; dan Wang Tao *et al.*, 2014).

Pada makalah ini, studi sensitifitas sensor magneto impedansi pada tipis multilayer [NiFe₈₀Fe₂₀/Cu]_N dilakukan. Untuk mendapatkan variasi sensitifitas sensor, sampel dimodifikasi jumlah perulangan dan ketebalan spacer layer.

METODE

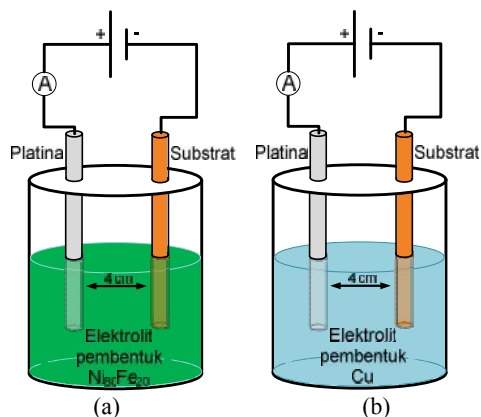
Prosedur penumbuhan lapisan tipis pada penelitian ini mengadopsi pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Amiruddin *et al.*, (2014). Lapisan tipis multilayer [NiFe₈₀Fe₂₀/ Cu]_N dibentuk menggunakan metode elektro-deposisi dengan memakai elektroda kawat Pt (Platina). Proses

elektro-deposisi menggunakan larutan elektrolit seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Elektrolit tersebut diupayakan mencapai keadaan asam dengan pH berkisar 2,7 dengan ditera menggunakan H_2SO_4 1 M.

Tabel 1. Bahan yang dipakai untuk membuat elektrolit.

Elektrolit	Bahan	Jumlah
Pembentuk NiFe	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,099 M
	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,012 M
	H_3BO_4	0,149 M
Pembentuk Cu	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_3$	0,002 M
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,065 M
	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0,002 M

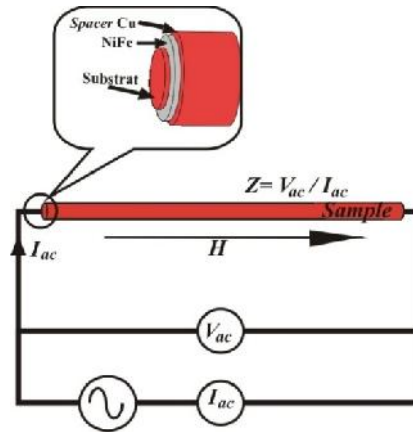
Substrat yang digunakan berupa kawat Cu berdiameter 0,46 mm. Substrat ini sebelumnya dicuci menggunakan ultrasonic cleaner. Dalam proses elektro-deposisi terjadi penumbuhan atau pembentukan NiFe sebagai lapisan magnetik serta Cu sebagai lapisan konduktif (*spacer*) pada substrat kawat Cu. Skema proses elektro-deposisi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema elektro-deposisi (a) NiFe dan (b) Cu

Pada eksperimen ini, proses penumbuhan atau pembentukan NiFe maupun Cu dilakukan berulang-ulang untuk menghasilkan multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$. Modifikasi pada sampel yang dibuat adalah modifikasi jumlah perulangan pelapisan N multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800nm)/ Cu (300nm)] $_N$ dengan N berturut-turut 1, 3, dan 5. Serta modifikasi ketebalan lapisan konduktif pada konfigurasi multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800 nm)/Cu (y nm)] $_N$ dengan y = 200 nm, 250 nm, 300 nm, 350 nm, dan 400 nm.

Sampel-sampel tersebut dikarakterisasi magneto-impedansi (MI) dengan skematik pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 2.



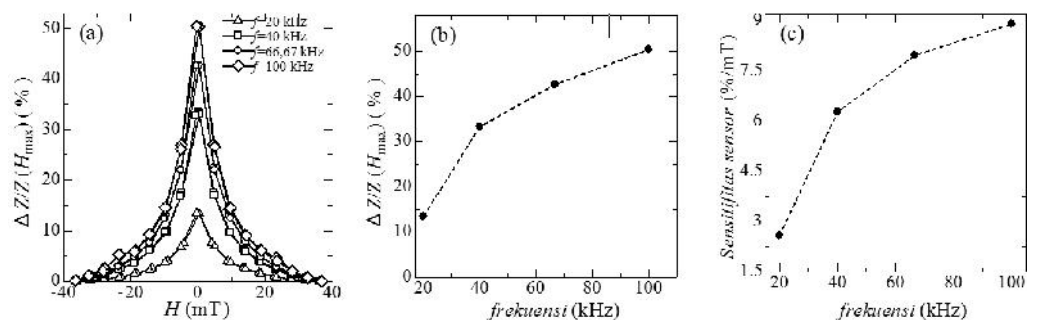
Gambar 2. Skema pengukuran magneto-impedansi

Pengukuran tersebut mengukur nilai resistansi (R) dan reaktansi (X) dari sampel untuk setiap perubahan medan luar (H_{eks}). Nilai-nilai tersebut adalah nilai impedansi total $z = \sqrt{R^2 + X^2}$, dengan resistansi sebagai sumbangan dari komponen riil dan reaktansi sebagai sumbangan dari komponen imajiner.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 (a) menunjukkan grafik rasio MI sebagai fungsi frekuensi yang memiliki tipikal yang sama. Teramati dari gambar bahwa nilai rasio MI meningkat secara monoton seiring dengan kenaikan frekuensi. Hal ini terlihat makin jelas dengan mengamati pada Gambar 3 (b). Peningkatan tersebut cenderung konstan setelah frekuensi 40 kHz. Hasil ini mengindikasikan bahwa sumbangan perubahan komponen reaktansi akibat medan pengimbas luar lebih dominan (Chaturvedi *et al*, 2014).

Dengan analisis persamaan 2 di atas, nilai sensitivitas sensor tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 (c) sebagai fungsi frekuensi. Sama halnya dengan rasio MI, nilai sensitivitas sensor MI tersebut meningkat seiring dengan kenaikan frekuensi dan cenderung konstan setelah frekuensi 40 kHz. Sensitivitas tertinggi diperoleh 8,91 %/mT pada frekuensi 100 kHz.



Gambar 3. (a) Tipikal kurva MI sebagai fungsi medan magnet untuk variasi frekuensi, dan (b) Hubungan nisbah MI dengan f (c) Hubungan sensitifitas sensor dengan f untuk substrat kawat Cu $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800nm)/Cu (300nm)]₃

Hasil perhitungan sensitifitas sensor MI modifikasi frekuensi pengukuran menunjukkan bahwa kenaikan rasio magneto-impedansi berbanding lurus dengan sensitifitas sensor dan kenaikannya seiring dengan kenaikan frekuensi.

Ekspreksi lain sensitifitas sensor MI dengan modifikasi jumlah perulangan N dan ketebalan lapisan konduktif (*spacer*) Cu pada frekuensi pengukuran 20 kHz dan 100 kHz yang dapat dilihat pada Gambar 4 (a) dan (b).

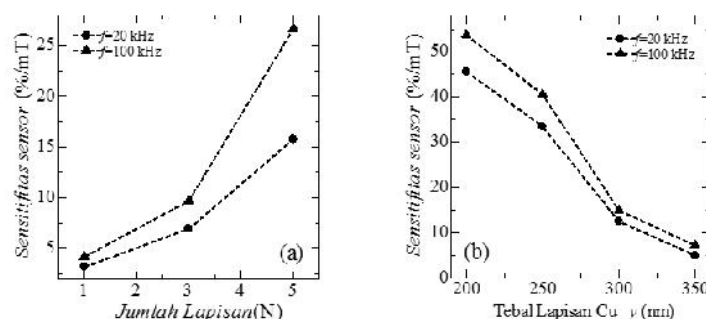
Gambar 4(a) menunjukkan grafik hubungan antara sensitifitas sensor MI dengan jumlah perulangan N pada frekuensi pengukuran 20 kHz dan 100 kHz.

Pada frekuensi 20 kHz, nilai sensitifitas sensor MI meningkat dari 3,20 %/mT ($N=1$) menjadi 15,75 %/mT ($N=5$). Sedangkan pada frekuensi 100 kHz, nilai sensitifitas sensor MI meningkat pula dari 4,20 %/mT ($N=1$) menjadi 26,63 %/mT ($N=5$).

meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah perulangan N pada konfigurasi *multilayer* $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800nm)/ Cu (300nm)]_N. Sensitifitas sensor MI tertinggi yang didapatkan adalah saat frekuensi pengukuran 100 kHz dan jumlah perulangan terbanyak ($N=5$), yaitu sebesar 26,63 %/mT.

Sedangkan Gambar 4(b) menunjukkan grafik hubungan antara sensitifitas sensor MI dengan ketebalan lapisan *spacer* Cu.

Pada grafik menunjukkan hal yang sama bahwa sensitifitas sensor MI meningkat seiring dengan kenaikan frekuensi. Namun, hal sebaliknya terjadi dibanding dengan modifikasi lain seperti yang disebutkan di atas (frekuensi maupun jumlah perulangan). Sensitifitas sensor MI yang didapat menurun seiring dengan penambahan ketebalan *spacer* Cu pada konfigurasi *multilayer* $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800 nm) / Cu (y nm)]₃. Sensitifitas sensor MI tertinggi yang didapatkan sebesar 53,75 %/mT, saat frekuensi pengukuran 100 kHz dan ketebalan lapisan *spacer* Cu paling tipis, yaitu 200 nm.



Gambar 4. Hubungan sensitifitas sensor dengan (a) jumlah perulangan N konfigurasi $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800nm) / Cu (300nm)]_N (b) tebal lapisan Cu y untuk konfigurasi $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (800nm) / Cu (y nm)]₃

KESIMPULAN

Sensitivitas sensor *Multilayer* $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ hasil elektro-deposisi pada kawat Cu telah dimodifikasi dengan beberapa variabel. Di semua modifikasi menghasilkan hubungan bahwa magneto-impedansi berbanding lurus dengan sensitivitas sensor MI. Semakin besar MI semakin besar juga sensitivitas yang di dapat. Selain itu, MI maupun sensitivitas sensor MI akan meningkat seiring dengan kenaikan frekuensi pengukuran.

Pada modifikasi jumlah perulangan N pada sistem *multilayer* $[\text{NiFe}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$, sensitivitas sensor MI akan meningkat dengan bertambahnya jumlah perulangan N . Namun pada modifikasi ketebalan lapisan *spacer* Cu, dengan bertambahnya ketebalan lapisan tersebut maka akan menurunkan MI maupun sensitivitas sensor MI. Sensitivitas sensor MI tertinggi pada keseluruhan eksperimen ini diperoleh 53,75 %/mT untuk ketebalan spacer Cu paling tipis ($y = 200$ nm).

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, M., Utari, and Budi, P. (2014): Fenomena Magneto-impedansi untuk Frekuensi Rendah pada Multilayer $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}]_N$ Hasil Elektro-deposisi, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* (10), pp. 95 - 98.
- Chaturvedi, A., Ruiz, A., Le, T., Tung, M.T., Mukherjee, P., Srikanth, H., and Phan, M.H. (2014): Magneto-impedance Effect in Electrodeposited Cu-(FeNi/Cu/FeNi) Multilayer wires. *ScienceJet* (3), pp. 1-4.
- Devkota, J., Wang, C., Ruiz, A., Mohapatra, S., Mukherjee, P., Srikanth, H., and Phan, M.H. (2013): Detection of low-concentration superparamagnetic nanoparticles using an integrated radio frequency magnetic bio sensor. *Journal of Applied Physics* (49), pp. 4060-4063.
- Knobel, M., Vazquez, M., and Kraus, L. (2003): *Giant magnetoimpedance*. In: Buschow KH, editor. *Handbook of magnetic materials*. Elsevier Science B.V (15), pp.1-69.
- Tung, M.T., Hang, L.T., Tuan, L.A., Nghi, N.H. (2014): Influence of Electrodeposition Parameters on The Magnetic and Magneto-impedance Properties of CoP/Cu Wires. *Physica* (442), pp. 16-20.
- Uchiyama, T., Mohri, K., Honkura, Y., and Panina, L.V. (2012): Advances of Pico-Tesla Resolution Magneto-Impedance Sensor Based on Amorphous Wires CMOS IC MI Sensor. *IEEE Transactions on Magnetics* (48), pp. 3833 – 3839.
- Wang, T.E., Yang, Z.E., Lei, C., Lei, J.I., and Zhou, Y. (2014): An Integrated Giant Magnetoimpedance Biosensor for Detection of Biomarker. *Biosensors and Bioelectronics* (58), pp. 338 – 344.